

Angelina Philipp

Phasen der Produktentstehung unter Berücksichtigung
der Stückzahl

BACHELORARBEIT

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maschinenbau

Gundelfingen a. d. Donau, den 03.12.2009

Angelina Philipp

Phasen der Produktentstehung unter Berücksichtigung
der Stückzahl

eingereicht als

BACHELORARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maschinenbau
Gundelfingen a. d. Donau, 2009

Erstprüfer: Prof. Dr.- Ing. Frank Weidermann

Zweitprüfer: Dipl.- Ing. Lutz Voigt

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Philipp, Angelina

Phasen der Produktentstehung.- 2009. -42 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fachbereich Maschinenbau, Bachelorarbeit,
2009

Ziel der Bachelorarbeit ist es, im ersten Teil die theoretischen Grundlagen der Entwicklung/Konstruktion; welche Methoden und Vorgehensweisen die Literatur, wie zum Beispiel VDI-Richtlinien und Konstruktionsbücher vorschlagen, darzustellen.

Im zweiten Teil wird die Theorie anhand eines Beispiels aus der Praxis erklärt. An der Entwicklung eines Rennwagens werden theoretische Vorgaben, Methoden und Richtlinien an der Stückzahl eins veranschaulicht.

Die Schlussbetrachtung diskutiert die gewonnenen Informationen und beleuchtet Ursachen für aufgetretene Probleme während und beim Abschluss der einzelnen Generationen des Projektes.

Einen Ausblick bietet die Diskussion einer möglichen Serienproduktion durch Weiterentwicklung des Produktes.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Bilderverzeichnis	4
1 Einleitung	5
2 Darstellung des theoretischen Standes	6
2.1 Produktplanung	7
2.2 Problemlösungsprozess	8
2.2.1 Phasen der Produktentstehung	8
2.2.2 Arbeitsabschnitte des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses ...	10
2.2.3 Ideenfindung.....	11
2.3 Fehlerquelle der Entwicklung	17
3 Praktisches Beispiel an der Stückzahl eins.....	19
3.1 Rennwagen der Saison 2007/08	19
3.1.1 Produktplanung	20
3.1.2 Problemlösungsprozess	21
3.2 Rennwagen der Saison 2008/09	30
3.2.1 Erkenntnisse über Fehlerquellen	31
3.2.2 Produktverbesserung	32
4 Schlussbetrachtung	36
5 Ausblick.....	38
Literaturverzeichnis	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Anforderungen an den Konstrukteur
Abbildung 2-2:	Phasen der Produktentstehung
Abbildung 2-3:	Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren
Abbildung 2-4:	Definition von Workshop
Abbildung 2-5:	Beispiel eines Morphologischen Kastens
Abbildung 2-6:	Fehlerentstehung im Produktlebenszyklus
Abbildung 3-1:	Arbeitspakete für die Konstruktion
Abbildung 3-2:	Einzelkomponenten der Baugruppen
Abbildung 3-3:	Rennwagen der 1. Generation
Abbildung 3-4:	Rennwagen der 2. Generation: Touro

Bilderverzeichnis

Rennwagen der Saison 2007/08

- Bild 1: Brainstorming beim Teammeeting
- Bild 2: Schleifarbeiten an der Verkleidung
- Bild 3: Fertigung der einzelnen Komponenten
- Bild 4: Montagearbeiten von Bremsen und Sitz
- Bild 5: Testfahrt am Hockenheimring
- Bild 6: Team mit Rennwagen am Hockenheimring

Rennwagen der Saison 2008/09 (Touro)

- Bild 7: Auswertung der Erkenntnisse der letzten Saison
- Bild 8: Kipptest
- Bild 9: Erprobung der Crashbox
- Bild 10: Größe und Form der neuen Verkleidung testen
- Bild 11: Fertiger Rennwagen „Touro“

1 Einleitung

Ein Unternehmen kann in einem sich stetig wandelnden, globalen Markt heute nur erfolgreich sein, indem es flexibel ist, sich den Kundenanforderungen und –bedürfnissen anpassen, innovativ handeln kann und trotzdem ein faires Preis-Leistungs-Verhältnis anbietet.

Der Kunde ist auf der Suche nach einem Produkt, das ein potenzielles Problem löst oder ein Bedürfnis erfüllt und somit messbaren Nutzen verspricht. Außerdem fordern Kunden zunehmend individuell auf sie zugeschnittene Produkte.

Um dies zu gewährleisten ist eine durchdachte Entwicklung und Konstruktion das ausschlaggebende Fundament dafür.

Der Ingenieur muss zu diesem Zweck nicht nur über einige Skills verfügen sondern auch das richtige Werkzeug in Form von ausgeklügelten Methoden, erprobten Vorgehensweisen und Richtlinien zur Verfügung haben.

Die Literatur stellt zum Thema Entwicklung und Konstruktion eine Vielzahl an Hilfsmitteln bereit, doch es stellt sich die Frage, ob diese in der Praxis auch wirklich angenommen und umgesetzt werden. Dies soll im Folgenden anhand eines Beispiels näher betrachtet werden.

2 Darstellung des theoretischen Standes

Da es auf diesem Gebiet (bei der Darstellung des theoretischen Standes der Technik) eine Vielzahl von Literatur gibt und nicht alle Berücksichtigt werden können, liegt das Hauptaugenmerk dieser Arbeit auf der Konstruktionslehre nach Pahl/ Beitz und der VDI-Richtlinie 2221.

Als erstes muss man sich im Klaren darüber sein das es in der Forschung und Entwicklung unterschiedliche Arten von Projekten gibt¹:

- *Forschungsprojekt:*
Kenntnisse über Grundlagen gewinnen
- *Vorentwicklungsprojekt:*
Realisierbarkeit abklären, Feasability-Studien, Funktionsmusterbau
- *Neuentwicklungsprojekt:*
Neues Produkt auf den Markt bringen oder im Kundenauftrag entwickeln
- *Prozessentwicklungsprojekt:*
Produktionsprozess entwickeln (Steuerungssoftware, Anlagen...)
- *Weiterentwicklungsprojekt:*
Verbesserung am Produkt oder an Teilsystemen

Ist man sich über das zu erreichende Projektziel klar geworden, kann mit der Produktplanung begonnen werden.

¹vgl. Schweizer, P.: Systematisch Lösungen finden. vdf, Zürich, 2002.

2.1 Produktplanung

Wie in Abb.2-1 deutlich wird, gibt es viele Konstruktionsprinzipien und Anforderungen an den Konstrukteur.

Aufgabe der Produktplanung ist es diese zu erkennen, gewichten und eventuell zu präzisieren.



Abbildung 2-1: Anforderungen an den Konstrukteur

Ist das Entwicklungsteam sich dann über die Anforderungen einig geworden, wird mit der Problemlösung (Erfüllung der Aufgabenstellung) begonnen.

Erhöht sich die Stückzahl des zu fertigenden Produktes bis hin zur *Klein-* oder gar *Großserienproduktion* rechnet sich eine kostenintensivere Erprobung mittels *Prototypen* oder einer *Nullserie*, da die Kosten dafür auf die komplette Serie umgelegt werden können.

Unter einem *Prototyp* wird dabei ein seriennahes Gerät verstanden, das in Form, Gestalt, Bedienung und Herstellung dem Endprodukt bereits weitgehend ähnelt. Prototypen sind beispielsweise aus der Automobilindustrie als „Erlkönige“ bekannt.

Ein Funktionsmuster dient hingegen nur zur Versuchsdurchführung und zum Test einzelner Teilfunktionen.

Als *Nullserie* (Vorserie) bezeichnet man Produkte, die im Rahmen der Produktentstehung, die zu letzten Erprobungszwecken angefertigt werden. Nachdem ein Produkt fertig entwickelt, ausgiebig erprobt wurde und somit eine Serienreife erlangt hat, wird oft eine Nullserie produziert, bevor das Produkt in den Verkauf gelangt. Die Nullserie dient der letzten Überprüfung, um möglicherweise noch bestehende Produktfehler, die durch die Fertigungsmethode auftreten, beseitigen zu können.

Die Fertigungsmethode der Nullserie entspricht genau der, die später auch für die zum Verkauf vorgesehenen Produkte eingesetzt wird. Die Produkte aus der Nullserie gelangen jedoch üblicherweise nie in den Verkauf.

Ein gegenteiliges Beispiel ist die Nullserie des Porsche 944. Sie wurde von dem Sportwagenhersteller verkauft und lässt sich anhand der Daten im Fahrzeugbrief erkennen. Heute erzielen diese Fahrzeuge bei einigen Liebhabern Spitzenverkaufspreise.

2.2.2 Arbeitsabschnitte des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses

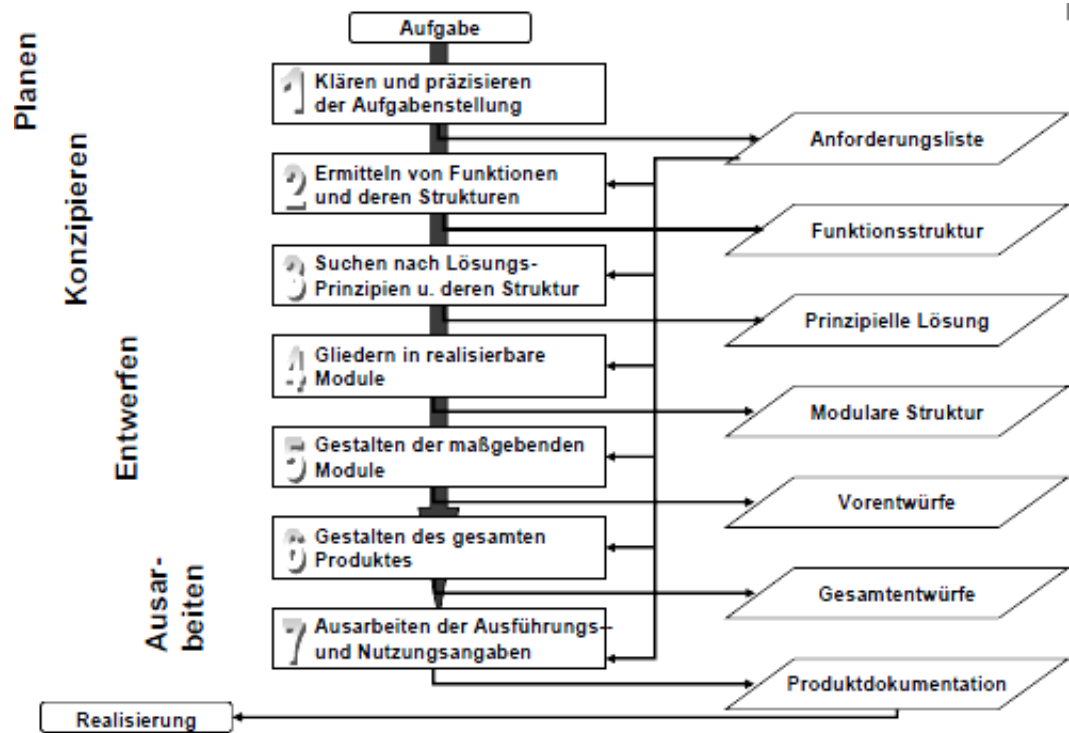


Abbildung 2-3: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren

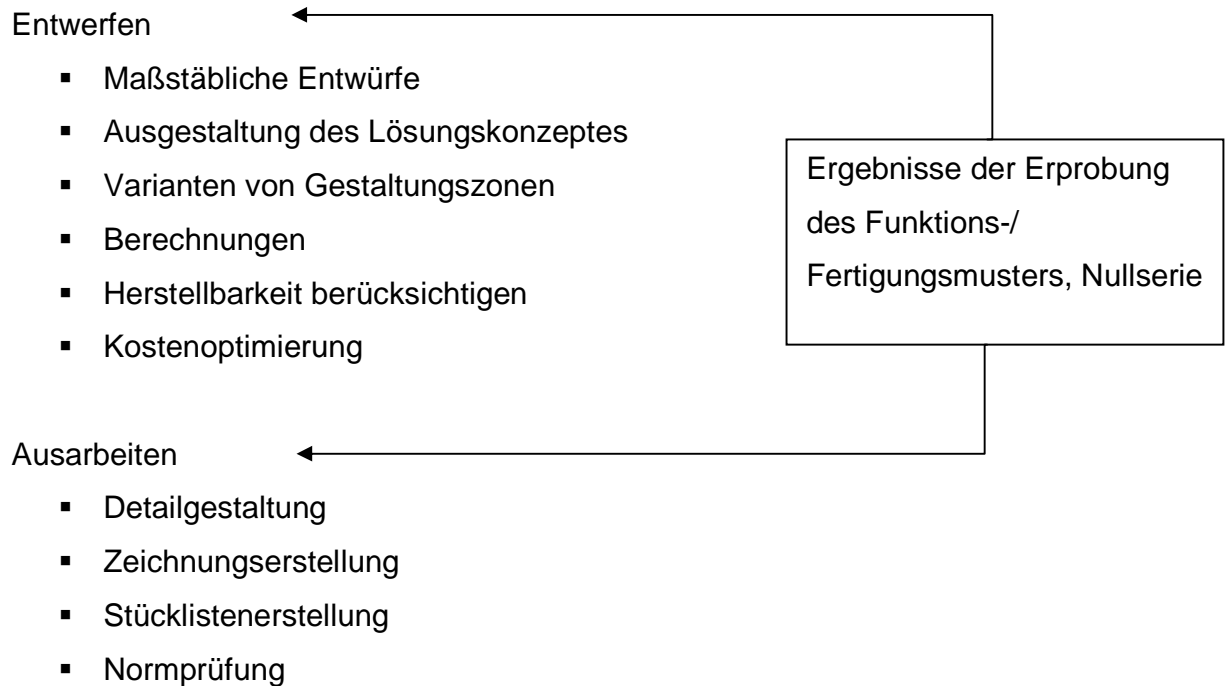
nach [VDI 2221]

Planen

- Aufgaben
- Gesamtfunktionen
- Abgrenzung zu anderen Teilfunktionen

Konzipieren

- Teilfunktionen bestimmen
- Lösungsprinzipien festlegen
- Lösungen bewerten
- Prinzipkombinationen festlegen
- Skizzen



2.2.3 Ideenfindung

Die Ideenfindung ist der Grundstock eines jeden Entwicklungsprozesses. Dafür ist ein gewisses Maß an Kreativität des Konstrukteurs von Nöten.

Kreativität kann als eine schöpferische Fähigkeit bezeichnet werden, um auf Fragen neue Antworten zu finden, oder überhaupt erst zusätzliche Fragestellungen zu erkennen. Entweder wird etwas völlig Neues geschaffen oder aus schon bekanntem Wissen bzw. bereits bestehenden Produkten werden neue Ideen entwickelt. Dazu müssen verfestigte Denk- und Wahrnehmungsmuster überwunden werden.

Hierzu gibt es zahlreiche Methode- bzw. Analyseverfahren, welche erforderlich sind um die Aufgaben des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses zu erfüllen (vgl. Abb.2-3).

Methoden steuern intelligente Prozesse. Sie stellen eine effektive Art und Weise des Vorgehens dar, um zu wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischen Ergebnissen zu gelangen.²

2.2.3.1 Kreative Methoden

Klassisches Brainstorming³

Beim klassischen Brainstorming (nach Alex F. Osborn, 1953) werden in einer Gruppe nach dem Prinzip der freien Assoziation kreative Lösungen gesucht. Es ist geeignet für genau definierte Probleme. Ziel ist es, spontan und ungehemmt eine möglichst große Anzahl von Ideen gemeinsam zu produzieren. Dabei wird das Wissen mehrerer Personen zur Problemlösung genutzt. Denkpsychologische Blockaden werden ausgeschaltet, restriktive gedankliche Grenzen aufgehoben. Zum Problem wird eine breite Palette möglicher Lösungsideen entwickelt. Die Kommunikation wird gestrafft und demokratisiert, unnötige Diskussionen werden vermieden.

Anonymes Brainstorming

Beim anonymen Brainstorming sammelt der Leiter bereits vor der Sitzung erste Lösungsansätze, die von den Teilnehmern vorher in Einzelsitzungen vorbereitet wurden. Bei dieser anonymen Produktion entfallen die wichtigen gruppendynamischen Prozesse der gegenseitigen Ideenankregung. Die Weiterentwicklung findet anschließend in der Gruppe statt, indem der Leiter die einzelnen Ideen vorliest, und dann gemeinsam diskutiert. Vorteile hierbei sind, dass sich diese Methode auch für größere Gruppen eignet und eine gleiche Berücksichtigung aller Teilnehmer gewährleistet ist. Ein möglicher Nachteil ist, dass sich die Teilnehmer durch die Einzelarbeit schon zu sehr mit ihren eigenen Lösungsmöglichkeiten identifizieren und somit nicht offen genug sind für Alternativen. Zudem nimmt die Methode des anonymen BS mehr Zeit in Anspruch als die des klassischen BS.

² www.brockhaus.de

³ <http://www.uni-duesseldorf.de/muendlichkeit/Projekt-Netz/brainstorm>

Workshop [angelehnt an Lipp und Will⁴]

Workshops sind zwar teuer und aufwendig, versprechen in den meisten Fällen aber großen Erfolg und eine Vielzahl an erarbeiteten Ideen und Lösungen.

Unsere Definition von Workshop

Workshops sind Arbeitstreffen, in denen sich Leute in Klausuratmosphäre einer ausgewählten Thematik widmen.

Neben den hier enthaltenen Grundelementen:

- ❖ Arbeit,
- ❖ in einer Gruppe,
- ❖ an einer Aufgabe,
- ❖ außerhalb der Routinearbeit,

gelten für die meisten Workshops als weitere Merkmale:

- ❖ Teilnehmer sind Spezialisten oder Betroffene.
- ❖ Die Leitung übernimmt ein Moderator als Experte für Besprechungsmethodik und Gruppendynamik.
- ❖ Das Zeitbudget ist nicht zu knapp bemessen.
- ❖ Die Ergebnisse wirken über den Workshop hinaus.

Abbildung 2-4: Definition von Workshop

Quelle [Das große Workshop-Buch, S.13]

Vorteile:

- *Konzentration auf ein Thema*
- *Kurzfristige Aktivierung der Leistungsreserven*
- *Kollektivwissen*
- *Gruppendurchsetzung → höherer Erfolg*
- *Positive Nebenwirkungen*

⁴ Lipp, Ulrich; Will, Hermann: Das große Workshop- Buch-7.Auflage- Weinheim und Basel: Beltz Verlag,1996

Durchführung:

Bei der Durchführung eines Workshops ist auf einige grundlegende Dinge zu achten. Die *Visualisierung* ist mit unter eines der wichtigsten Instrumente. Es muss darauf geachtet werden, dass Informationen und Erklärungen durch Bilder und Schlagwörter erfolgen und möglichst wenige Texte verwendet werden.

Desweiteren steht die *Aktivität* der Teilnehmer im Vordergrund, nicht die des Moderators, denn diese sollen die Lösungen erarbeiten.

Ein positives, freundschaftliches, angenehmes *Ambiente* motiviert die Teilnehmer und beflügelt deren Kreativität.

Der Diskussionsleiter sollte sich zwar vorab ein Ablaufkonzept überlegen, jedoch nicht versuchen dieses starr durchzuziehen. Sollte der Ablauf es erfordern, muss ein *offenes Konzept* eine Abweichung zulassen; nur so kann der Workshop die gewünschten Ergebnisse bringen.

Ablauf:

1. *Informationsphase*

Kurze Projekterklärung, damit die Teilnehmer groben Überblick über das anstehende Thema erhalten

2. *Problem definieren*

Derzeitig bekannte Anforderungen darlegen

3. *Zielphase*

Erläutert das Tagesziel (z.B. Ideensammlung oder schon vollständigen Plan)

4. *Analyse der Einflussfaktoren*

Nur mit dem Erkennen der Einflussfaktoren können brauchbare Problemlösungen entwickelt werden

5. *Entwicklung von Problemlösungen*

Hierfür stehen mehrere Techniken und Methoden⁵ zur Verfügung

⁵ VDI 2221, S.33-38

6. *Präsentation, Bewertung und Entscheidung*

7. *Ergebnisdokumentation*

Nur festgehaltene Erkenntnisse geraten nicht in Vergessenheit und können umgesetzt werden

2.2.3.2 Systematische Methoden

Morphologischer Kasten

Der Morphologische Kasten ist gut geeignet, um die im Brainstorming oder Workshop gewonnenen Ergebnisse zu strukturieren und damit weiter zu arbeiten. Mit seiner Hilfe kann das Lösungsfeld eines Problems übersichtlich dargestellt und Alternativen herausarbeitet und abgebildet werden.

Zur Entwicklung eines Morphologischen Kastens kann folgendermaßen vorgegangen werden:

- Parameter und Kriterien, die das vorliegende Problem allgemein beschreiben, müssen herausgefunden werden. Diese Kriterien können beispielsweise das Ergebnis eines Brainstormings sein.
- Lösungsmöglichkeiten für jedes Kriterium müssen gesucht werden, sofern sie vorher nicht schon gefunden wurden.
- Dann wird eine Tabelle, in deren ersten Spalte die Kriterien untereinander eingetragen werden, erstellt. In allen weiteren Spalten werden für jedes Kriterium denkbare Lösungsmöglichkeiten eingetragen. So entsteht eine Tabelle, wie in Abbildung 1-4 dargestellt.
- Die einzelnen Lösungen werden nach den ausgewählten Kriterien bewertet. Im Beispiel: Farbe, Material, Größe, Befestigung;
- Es ist sinnvoll, die attraktiven Lösungen etwas ausführlicher zu beschreiben, um zu erkennen, welche Effekte diese Lösung haben könnte.

Beispiel eines Morphologischen Kastens zur Auswahl der Rennwagenverkleidung

Kriterium	Ausprägungsmöglichkeiten				
Farbe	schwarz	weiß	Klarlack	blau	
Material	Metall	Holz	Kunststoff	Carbon	Pappe
Größe	minimal	mittel	Groß		
Befestigung	Kleben	Schrauben	Nieten	Schweißen	

Abbildung 2-5: Beispiel eines Morphologischen Kastens

Ergebnis: *Kleinst mögliche Verkleidung aus Carbon, mit Klarlack lackiert und verschraubt.*

Auch der Verein Deutscher Ingenieure bieten eine hohe Auswahl an Methoden und Verfahren zur Ideenfindung und Analyse vielfältiger Aufgabenstellungen (vgl.:VDI 2221,S.33-38).

2.3 Fehlerquelle der Entwicklung

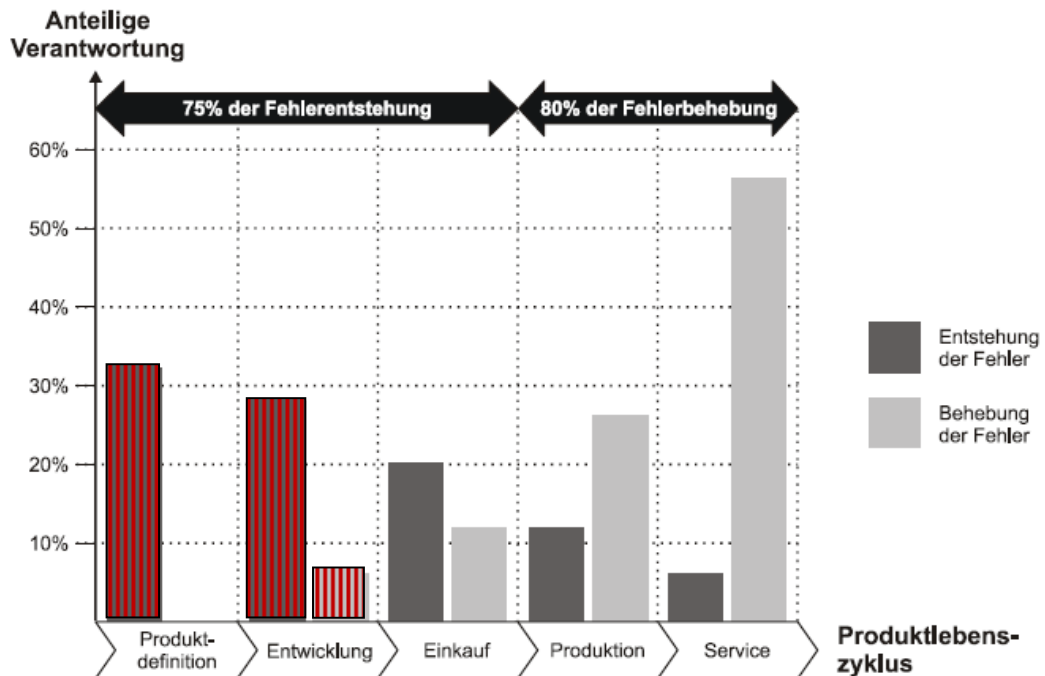


Abbildung 2-6: Fehlerentstehung im Produktlebenszyklus

Quelle: [VDI1994] Verantwortlichkeiten für Fehler-entstehung im Produktlebenszyklus

Wie die Abbildung deutlich zeigt, entstehen ca. 60 % der Fehler in der Produktdefinition und –entwicklung. Wo hingegen nur ca. 1/10 davon in der Entwicklung behoben werden.

Dies zeigt, dass die bisher besprochenen Punkte sehr starken Einfluss auf die Qualität des Produktes haben. Die meisten Fehlerquellen können durch strukturiertes Vorgehen, Information und Kommunikation der Mitarbeiter und durch ausreichend Überprüfung und Erprobung minimiert, oder in den meisten Fällen gar vermieden werden.

Je geringer die Fehlerquote in der Anfangsphase, desto mehr sinken die Kosten zur Fehlerbehebung, und umso höher ist folglich der Gewinn.

Im nächsten Abschnitt wird die vorrangegangene Theorie anhand eines Beispiels erläutert.

Von der Idee, über die gesamte Konstruktion, bis hin zum fertigen Produkt, entstand ein Rennwagen mit der Stückzahl ein.

3 Praktisches Beispiel an der Stückzahl eins

Formula Student ist ein internationaler Konstruktionswettbewerb bei dem sich weltweit konkurrierende Hochschulen und Universitäten miteinander messen können.

Auch die Hochschule für Technik und Wirtschaft in Mittweida (HTWM) beteiligt sich seit 2006 mit der Konstruktion eines Rennwagens an diesem Wettbewerb.

Das Projekt wird überwiegend von Studenten in Eigenregie, mit Hilfe einiger Professoren, entwickelt und durchgeführt und befindet sich zurzeit in der Entwicklung des Rennwagens der 3. Generation.

Die im vorangegangenen Teil theoretisch besprochene Produktentwicklung und -konstruktion, soll nun am Beispiel dieses Rennwagens veranschaulicht werden.

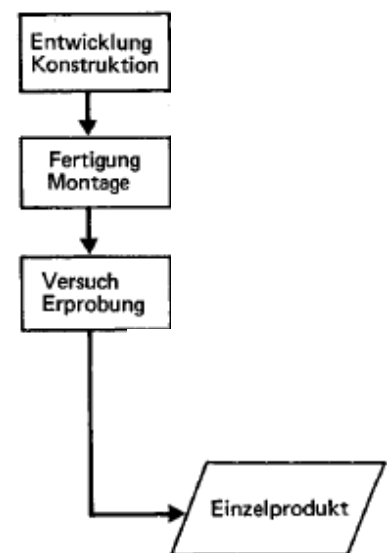
3.1 Rennwagen der Saison 2007/08

Da die HTWM im Jahr 2006 mit dem Neuentwicklungsprojekt startete bildete sich eine neue Abteilung, das Technikum Mittweida Motorsport (TMM).

Diesem schlossen sich schnell einige interessierte und engagierte Studenten an, die vorerst überwiegend aus der Studienrichtung Maschinenbau kamen.

Nun konnte der Prozess von der Entwicklung und Konstruktion bis hin zum fertigen Rennwagen beginnen.

Im Laufe des Vorhabens wurde klar, das allein technisches Wissen zur Durchführung und Erstellung der geforderten Dokumente nicht ausreichend war. Deshalb schlossen sich im Laufe der Zeit auch Studenten anderer Studiengänge dem Projekt an.



3.1.1 Produktplanung

Projektplanung gehört zur Organisation, welche außerdem für Termine, Dokumentation und verwaltungstechnische Angelegenheiten zuständig ist. Zu ihr gelangen alle Dokumente und Information, die geordnet, aufbewahrt und gepflegt werden müssen.

Zuerst müssen die Anforderungen an den Rennwagen erörtert werden. Er sollte normgerecht, prüfgerecht, montagegerecht, rechtskonform, kostengerecht, instandhaltungsgerecht, fertigungsgerecht, nutzungsgerecht, sicherheitsgerecht und funktionsgerecht sein.

Die Informationsbeschaffung ist eine der wichtigsten Aufgaben. Wichtige Informationen sind:

Reglement des Formula Student Germany,

Literatur über (Rennwagen-)Konstruktion,

Finanzierungsmöglichkeiten, z.B. Hochschule, Sponsoren;



Bild 1: Brainstorming beim Teammeeting

3.1.2 Problemlösungsprozess

Bei der Entwicklung und Konstruktion sind sieben Arbeitsschritte zu durchlaufen (vgl. Abbildung 1-3; VDI 2221, S.9)

In diesem Konzept wurden die Arbeitsabschnitte in vier terminliche und organisatorische Entwicklungs- bzw. Konstruktionsphasen unterteilt.

I. Definitionsphase

1. *Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung*

Um den Projektauftrag zu vervollständigen, stellt sich die Kernfrage:

„Was ist zu tun?“

Es wurde überlegt, welche Hauptgruppen notwendig sind, um das Projekt durchzuführen. Daraus ergaben sich folgende Bereiche:

- Organisation:
Termine und Projektplanung
- Technischer Bereich:
Realisierung der Entwicklung und Konstruktion
- Kaufmännischer Bereich:
Marketing, Finanzen, Sponsoring

In den weiteren Phasen wird nur der für das Beispiel relevante technische Bereich erläutert.

2. *Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen*

Ein Brainstorming im Team zum Thema: „Grundstrukturen in der Entwicklung“, ergab eine erste Grobplanung und kam zu dem Ergebnis, das Rennauto in verschiedene Einheiten aufzuteilen.

Als Gruppen wurden festgelegt:

- Fahrdynamik
- Motor
- Antriebsstrang
- Karosserie
- Elektrik
- CAD-Modell

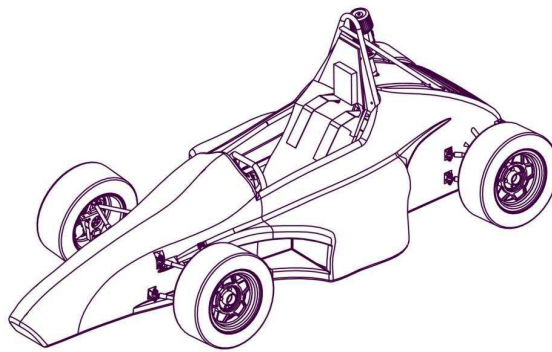


Abbildung 3-3: Rennwagen der 1. Generation

II. Planungsphase

3. *Suchen nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen*

Um weitere Überlegungen zu den anstehenden Aufgaben machen zu können, mussten Untergruppen innerhalb der Einheiten definiert werden.

- Fahrdynamik →
 - Bremssystem
 - Federung
 - Querlenker
 - Radträger
 - Lenkung
 - Pedalerie
- Motor →
 - Ansaugtrakt
 - Kühlsystem
 - Abgasanlage
 - Treibstoffsystem
- Antriebsstrang →
 - Differential
 - Übertragung
 - Differentialanbindung
- Karosserie →
 - Rahmen
 - Verkleidung
 - Crashbox
 - Cockpit
- Elektrik →
 - Motormanagement
 - Kabelbaum
 - Sensorik
- CAD-Modell

4. Gliedern in realisierbare Module

Anhand der Einheiten mit ihren enthaltenen Untergruppen wurden *Arbeitspakete* festgelegt.

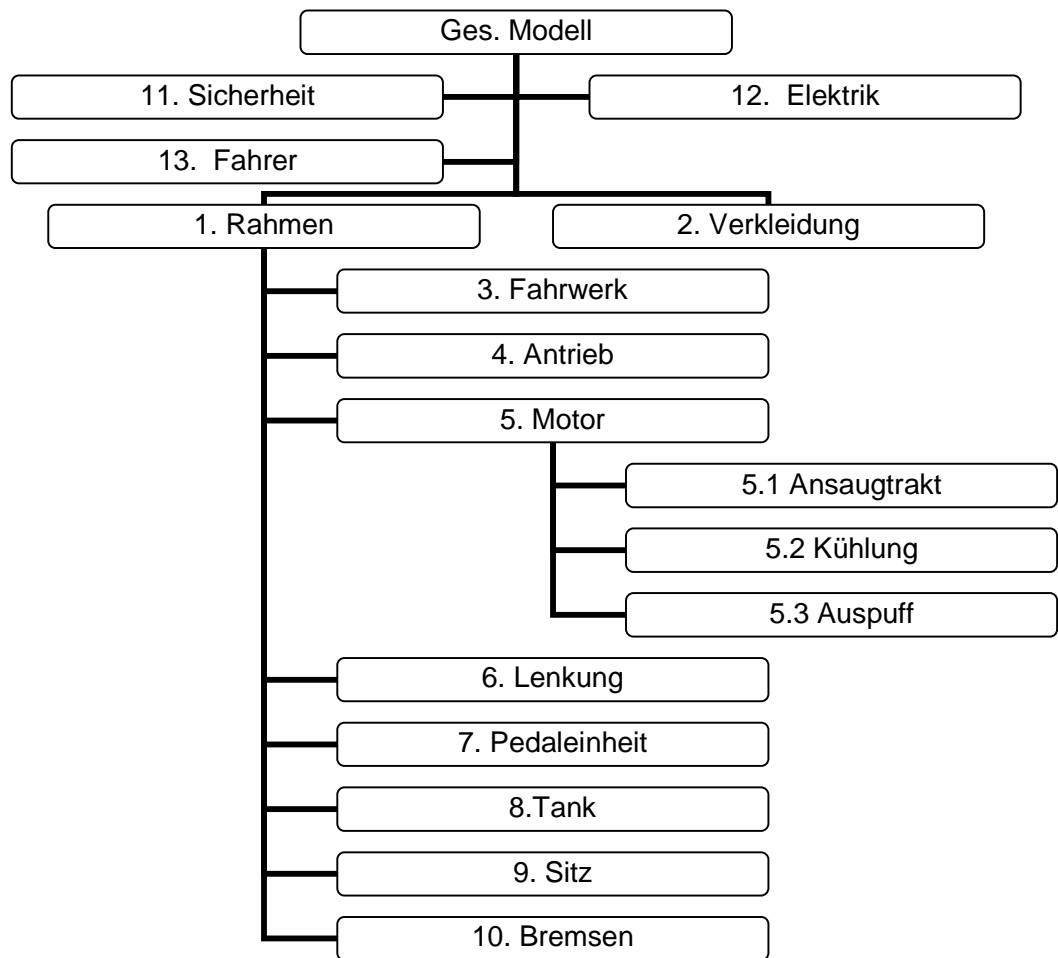


Abbildung 3-1: Arbeitspakete für die Konstruktion

Um die notwendigen Verantwortlichkeiten zu klären wurden Arbeitsgruppen gebildet, bestehend aus einem Teamleiter und mehreren Mitgliedern.

III. Realisierungsphase der Konstruktion



Bild 2: Schleifarbeiten an der Verkleidung

5. *Gestalten der maßgebenden Module*

Da nun auch die einzelnen Bestandteile der Baugruppen feststanden (vgl. Abbildung 3-2), konnte der Teamleiter seine Mitglieder zur Konstruktion der Einzelteile einplanen.

Baugruppen	Bestandteile	Baugruppen	Bestandteile
1. Rahmen	Rahmen Motoraufhängung Aufbockvorrichtung	6. Lenkung	Lenkgestänge Lenkgetriebe
2. Verkleidung	Chassis, Bodenplatte	7. Pedaleinheit	Fußpedale Anschlüsse
3. Fahrwerk	Achsschenkel Radträger Fahrwerksdämpfung, Federung	8. Tank	Tankverschluss Benzinpumpe Verbindung Verschluss-Tank
4. Antrieb	Hinterachse, Antriebswellen Radnabe Differenzial, Halterung, Gehäuse Kettenantrieb, Riemenantrieb Räder	9. Sitz	Sitzschale, Befestigung, Sicherheitsgurt
5. Motor	Motorsteuerung Schaltung	10. Bremsen	Bremszylinder Bremsverteiler Bremsleitungen
5.1 Ansaugtrakt	Vergaseranschlussbox	11. Sicherheit	Crashbox Feuerschutzwand
5.2 Kühlung	Aluminiumkühler Kühlschläuche Schlauchsellen	12. Elektrik	Bordelektrik Federlöschsystem Notaus
5.3 Auspuff	Dichtungen Schrauben Krümmer KAT Endschalldämpfer Federn	13. Fahrer	Schutzausrüstung Helm, Haube Anzug Handschuhe Schuhe

Abbildung 3-2: Einzelkomponenten der Baugruppen

Im nächsten Schritt wurde der zeitliche Ablauf, die Abstimmung mit anderen Arbeitspaketen, die Erstellung der benötigten Dokumente, sowie die Beachtung aller angegebenen und einzuhaltende Richtlinien und Vorschriften koordiniert.

Der dann aufgestellte Gesamtterminplan liefert Eckdaten wie gewählter Start, geplantes Ende, Pufferzeit und späteste Fertigstellung.

Weiterhin beinhaltet er vier Meilensteine:

Meilenstein 1: Konstruktionsbeginn

Meilenstein 2: Konstruktionsende, Beschaffungs-, Fertigungsbeginn



Bild 3: Fertigung der einzelnen Komponenten

Meilenstein 3: Beschaffungsende, Montagebeginn

Meilenstein 4: Montageende, Beginn Testfahrten

IV. Prüf- und Endphase

6. *Gestalten des gesamten Produktes*

Sind alle Bestandteile (bestehend aus entwickelten Teilen und Fertigteilen wie z.B. Schrauben) zu den Baugruppen zusammengefügt, folgt die Erstellung des Gesamtmodells.



Bild 4: Montagearbeiten von Bremsen und Sitz

Die Überprüfung des Zusammenspiels der einzelnen Baugruppen führte zu der Erkenntnis, dass einige Anforderungen geändert und einzelne Teile nachentwickelt oder verbessert werden mussten. Auch das einige Verbindungsteile fehlen oder nicht funktionsgerecht sind kam zum Vorschein.

Ein Beispiel hierfür ist, dass erst beim Versuch die Pedaleinheit einzubauen, festgestellt wurde dass diese, aufgrund von Platzmangel, so gar nicht bis zum Endschlag betätigt werden konnte.

7. Ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben

Nach Behebung der zuvor erkannten Fehler und Überprüfung der Anforderungsliste konnte der Abschluss der Konstruktion erfolgen. Mit dem fertigen Gesamtmodell konnte nun die Produktdokumentation (Stücklisten, Fertigungs-, Material-, Kaufteil-, Montageliste) ergänzt, vervollständigt und teilweise neu erstellt werden.



Bild 5: Testfahrt am Hockenheimring

Mit Hilfe der Produktdokumentation konnten Materialbeschaffung, Fertigung und Montage, bis hin zum fertigen Rennwagen (Bild 5) folgen.

3.2 Rennwagen der Saison 2008/09

Durch die Teilnahme am Formula Student Germany Event im August 2008 wurde klar, dass der Rennwagen der 1. Generation einiger Veränderungen und Optimierungen bedarf und als Funktions- bzw. Labormuster für die 2. Generation, den „Touro“ Verwendung finden kann.

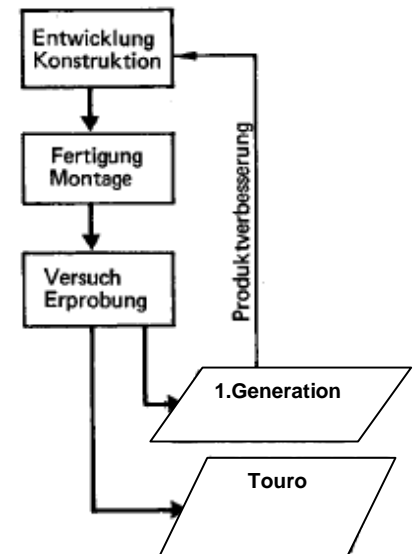


Bild 6: Team mit Rennwagen am Hockenheimring

3.2.1 Erkenntnisse über Fehlerquellen

Durch die Überlegungen und Dokumentierung der aufgetretenen Probleme bei der ersten Entwicklung entstand eine neue Anforderungsliste.



Bild 7: Auswertung der Erkenntnisse der letzten Saison

- Fahrzeugabmessungen zu groß (Länge und Breite) → Wendigkeit stark eingeschränkt
- Fahrzeug zu schwer
- Rennwagen schwer Lenkbar
- Schlechte Bodenhaftung
- Mäßige Dämpfung
- zu wenig Platz im Fußraum
- Verkleidung zu groß
- Verkleidung im Motorbereich unnötig
- Auspuff zu laut

3.2.2 Produktverbesserung

Dämpfung und Stabilität verbessern



Bild 8: Kipptest

- Dämpfung auf Rahmenkonstruktion
- Dämpfung Schwingungsverhalten 2,5Hz – 3,0Hz Aufbauspringfrequenz
- Voraufbau, Vorderachsen, Stabilisator
- Wankwinkel 2°- 3°

Sind alle Achsen baugleich, so heben sämtliche Räder der kurveninneren Seite gemeinsam von der Fahrbahn ab. Das durch den Wankwinkel θ verursachte Moment ist dann genau so groß, dass das Gewicht G nur auf den kurvenäußeren Rädern liegt, die kurveninneren Räder also um $G/2$ entlastet werden. Das Fahrzeug befindet sich also an der Kippgrenze

- Federelemente nah unter Gewichtsverteilung

Sicherheit erhöhen

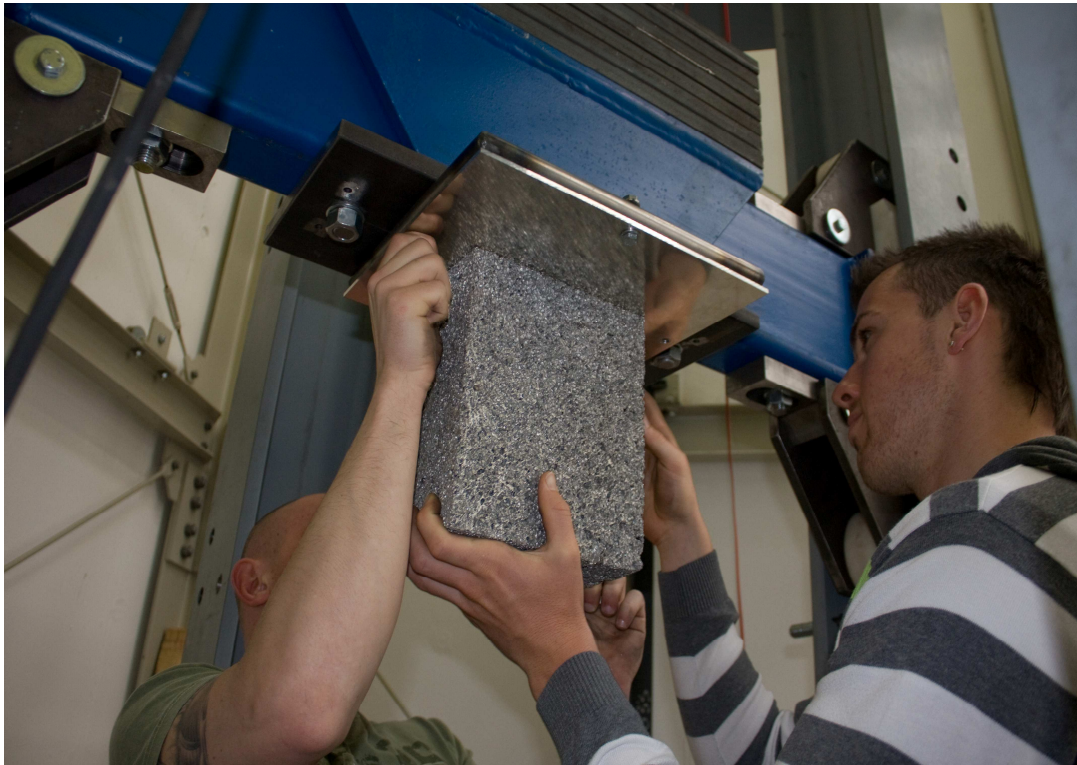


Bild 9: Erprobung der Crashbox

- Crashbox
- Überrollbügel breiter über Fahrer

Gewicht verringern

- Rahmenkonstruktion Holzgestell
- Motor starr verschrauben ohne Schwingungsdämpfer
- Tank maximal 6L
- Leichtere Räder, BBS Felgen Formel König
- Tankstruktur Markierung auf transparent Schlauch ausreichend
- Rahmenabstützung länger, spart Rahmen
- Feuerlöschtank entfernen

Platzgewinnung im Fußraum

- Pedaleinheit: 2 Pedale
- Kupplung an Schalthebel
- Schaltung Außenborder Boot / Zug – Druckbowdenzug
- Lenkgetriebe weit vorn mit einem Kreuzgelenk

Verbesserung der Lenkbarkeit

- Lenkung – Lenkgetriebe unten
- Lenkrad 140°
- Dreieckslenker unten 16x1
- Dreieckslenker oben 14x1
- Kugelköpfe M8
- Fahrwerkspunkte – Rahmenknotenpunkte

Weitere Verbesserungen

- Feuerschutzwand in Nackenhöhe des Fahrers
- Verkleidung nur so viel wie nötig



Bild 10: Größe und Form der neuen Verkleidung testen

- Umkonstruktion des Auspufftopfes
- Optimierung des Krümmers

Nach der Festlegung der erforderlichen Verbesserungen, wurde die Neukonstruktion des Touro mit Hilfe der ursprünglichen Arbeitspakete durchgeführt.

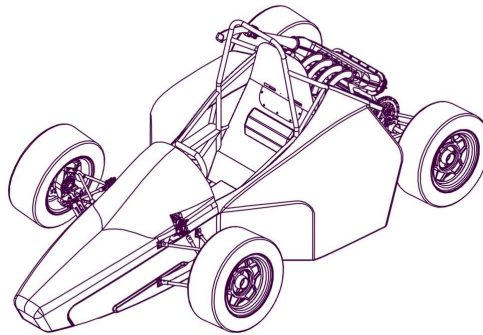


Abbildung 3-4: Rennwagen der 2. Generation: Touro

Mit Hilfe eines größeren Teams und neuen Bereichsleitern wurde nach Fertigung und Montage der einzelnen Baugruppen bzw. Verwendung des Vorgängermotors der neue Touro fertiggestellt.



Bild 11: Fertiger Rennwagen „Touro“

4 Schlussbetrachtung

In der Saison 2007/08 wurde anfänglich im Rahmen der Produktplanung eine Struktur bezüglich der Baugruppen und Teams erstellt, welche auch von der Literatur so empfohlen wird. Desweiteren wurde ein Gesamtzeitplan aufgestellt, welcher, wie im Text erläutert, die wichtigsten Meilensteine enthält.

Diese Strukturierung konnte im Laufe des Projektes nicht eingehalten werden.

Die Zuständigkeiten der einzelnen Teammitglieder waren auf Grund von Informationsmangel, fehlendem Engagement Einzelner und mangelhafter Kommunikation unklar. Dies führte zu verzögertem Erkennung von Problemen und erheblichem Zeitverzug.

Fehlende Erfahrung und hohe Zeitverwendung auf weniger wichtige Baugruppen führten zu Konstruktionsfehlern und Reglementverstößen, welche erst bei der Montage registriert wurden.

Durch die entstandenen Zeitdefizite konnte die Erprobungs- und Überprüfungsphase kaum durchgeführt werden.

Durch die Einbringung von viel Zeit, Kreativität und Übernahme jeglicher anfallender Aufgaben einiger Teammitglieder konnte das Projekt in der Endphase doch noch zu einem vorzeigbaren Ergebnis gebracht werden.

Mit Beginn der Saison 2008/09 und der Neukonstruktion des „Touro“ war der Bekanntheitsgrad des Projektes an der Hochschule und Umgebung stark gestiegen. Durch die steigende Popularität des studentischen Konzeptes wollten sich immer mehr Studenten an diesem Mitwirken, was einen starken Anwuchs der Teamgröße mit einbringen.

Nach sich zog das, dass die Problematik der mangelnde Kommunikation noch verstärkt wurde. Die vorhandenen Erfahrungswerte der Vorsaison wurden nicht richtig genutzt, zu wenig Vorüberlegungen angestellt und zum Teil ähnliche Fehler begangen wie zuvor.

Bei derartigen Projekten, die überwiegend von Studenten durchgeführt werden ist es zwar wichtig, eine gewisse Anzahl von Mitwirkenden zu haben, jedoch sollten es nicht zu viele werden, da sonst die Zuständigkeiten nicht mehr klar gegeben sind und man leicht den Überblick verlieren kann.

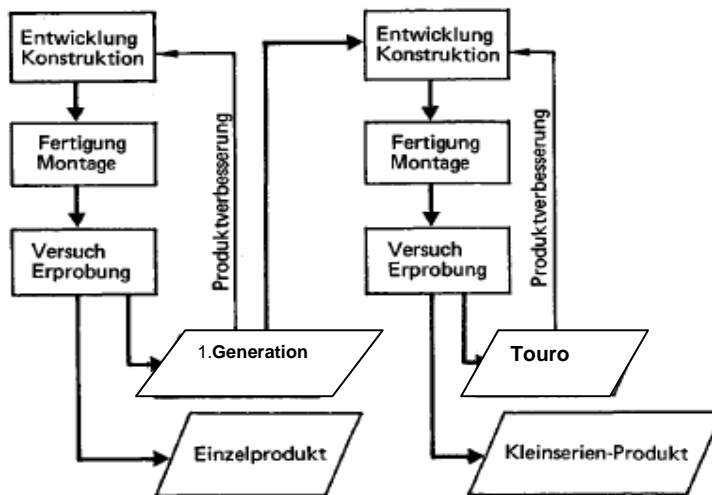
Nicht die Anzahl der Teammitglieder ist ausschlaggebend, sondern die Fähigkeiten und vor allem das Engagement des Einzelnen trägt zum Erfolg bei.

Gründliche Vorüberlegungen und Verwertung der gewonnen Erkenntnisse sind unumgänglich um eine nachhaltige Verbesserung am neuen Produkt zu erwirken.

Zeitpläne sind mit Bedacht und realistisch aufzustellen und vor allem auch einzuhalten. Jedes Projekt braucht Pufferzeiten, welche auch bei Auftreten kleinerer Verzögerungen, die Fertigstellung des Gesamtprojektes sichern.

Die genaue Vorgehensweise, wie sie in der Literatur beschrieben wird, ist auf das Gesamtprojekt teilweise anwendbar. Bei einer derartigen Vielzahl von Strukturen und Unterbaugruppen wie es bei der Rennwagenentwicklung der Fall war, und der daraus resultierenden Masse an Entscheidungen, ist dies jedoch oftmals nicht durchführbar und auch wenig sinnvoll.

5 Ausblick



Allgemeine Situation am Absatzmarkt

Die derzeitige Situation am Markt ist aufgrund der Wirtschaftskrise nicht die beste, um neue Produkte, die nicht zur Lebensunterhaltung notwendig sind, einzuführen. Etablierte Unternehmen bieten kaum Möglichkeiten auf erfolgreiche Neugründung eines eigenen Betriebes, da sie eine starke Konkurrenz darstellen.

Dennoch gibt es einige positive Aspekte, die derartige Überlegungen zulassen. Bestehende Konkurrenten sind zum Einen existierende Sportwagenhersteller und zum Anderen Rennwagenhersteller.

Sportwagenproduzenten peilen zwar dieselbe Zielgruppe an, sind jedoch nicht ganz vergleichbar und haben viel höhere Anschaffungs- und Unterhaltskosten. Rennwagenhersteller produzieren überwiegend für professionelle Rennfahrer.

Das bisherige Vorgehen, durch Eigenarbeit der Studenten bei der Fertigung, ist für eine Kleinserie von 1000 Stück nicht umsetzbar; das heißt es müssen alternative Fertigungsvarianten gefunden werden. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten: die Gründung eines eigenen Unternehmens oder die Fremdfertigung durch externe Firmen.

Die Realisierung einer Straßenversion des Touro ist durch Anbringen einiger Zusatzteile, die notwendig für die Sicherheit im Straßenverkehr sind, einfach ausführbar. Zu entwickeln sind:

- Außenspiegel
- Scheinwerfer
- Nummernschild
- Schutzblech vorne
- Abdeckung hinten



Der Vertrieb einer Straßenversion würde die Zielgruppe bzw. den Käuferkreis deutlich vergrößern und somit höhere Absatzzahlen ermöglichen, was den Herstellungspreis senkt und die möglich Serienproduktion realistischer und realisierbarer macht.

Literaturverzeichnis

- Lipp, Ulrich; Will, Hermann: Das große Workshop- Buch-7.Auflage- Weinheim und Basel: Beltz Verlag,1996.
- Pahl, Gerhardt; Beitz, Wolfgang; Feldhusen, Jörg...: Konstruktionslehre- 5. Auflage- Darmstadt: Springer- Verlag Berlin Heidelberg,2003.
- Norm VDI 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte.
- Verantwortlichkeiten für Fehlerentstehung im Produktlebenszyklus
In: VDI-Nachrichten,1994.
- <http://www.uni-duesseldorf.de/muendlichkeit/Projekt-Netz/brainstorm>,
verfügbar am 29.11.2009.
- <http://www.brockhaus.de/Methoden>, verfügbar am 23.09.2009.
- Schweizer, P: Systematisch Lösungen finden. vdf, Zürich, 2002.

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit
selbständig verfasst und keine anderen als die
angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Mittweida, den 03.12.2009

Angelina Philipp